

La sécurité des bancs moteurs à Rueil-Malmaison

René Massé *Chef du département Sécurité (IFP)*

En raison de la multiplicité des contraintes apparaissant dans toutes les activités liées au transport, la mise au point et l'optimisation des moteurs, d'une part, et la formulation des carburants et lubrifiants, d'autre part, ont nécessité la mise en place d'équipes de recherche pluridisciplinaires au sein d'une division de recherche de l'IFP : la division des Techniques d'Applications Énergétiques (TAE).

Cette activité va de la recherche fondamentale à l'application industrielle et nécessite de disposer de capacités humaines et technologiques pour analyser, comprendre et résoudre les problèmes les plus complexes.

La TAE regroupe une équipe importante de 180 personnes (115 techniciens, 65 ingénieurs auxquels il faut ajouter les chercheurs postdoctoraux, les thésards et

les stagiaires) et dispose de moyens d'essais dotés d'équipements performants, regroupés sur deux sites distincts mais complémentaires : Rueil-Malmaison et Solaize.

Le site de Rueil, créé en 1952 après le transfert de la station nationale Claude Bonnier à l'IFP, comporte actuellement 42 bancs moteurs (*photo 1*) présentant une grande diversité d'équipements :

- bancs de recherche, conçus notamment pour l'utilisation de méthodes de mesures avancées,
- bancs d'endurance automatisés,
- bancs à rouleaux pour la mesure des émissions de polluants des véhicules sur cycles,
- bancs d'organes et d'essais mécaniques,
- plusieurs laboratoires d'analyses spécialisés.

Bien que les moyens techniques de sécurité mis en œuvre concourent le plus sou-

vent à la sécurité, à la fois, des personnes, des biens et des activités, nous distinguerons deux aspects :

- la sécurité des personnes et des biens,
- la sécurité des essais.

Sécurité des personnes et des biens

L'un des risques les plus graves est celui d'intoxication par la présence de monoxyde de carbone (CO) ou d'oxydes d'azote (NO_x), entraînés par des fuites éventuelles des échappements.

Le premier dispositif de sécurité est l'utilisation d'une ventilation très puissante dans chaque cellule comportant un ou des bancs d'essais : 24 000 m³/h en soufflage, 25 000 m³/h en aspiration pour créer en permanence une dépression. Cette ventilation provoque une dilution très importante des fuites d'échappement, rendant peu probable l'intoxication. Son arrêt accidentel entraîne automatiquement l'arrêt immédiat du banc moteurs.

Une autre ventilation, installée dans le circuit de collecte des gaz d'échappement, permet de les diluer très fortement avant le rejet à l'atmosphère dans des conditions réglementaires, analogues à celles d'une chaufferie. L'arrêt de cette ventilation entraîne l'arrêt général de tous les bancs.

A cette mesure, s'ajoute une détection automatique de gaz toxiques dans tous les locaux exposés à ce risque.

Pour CO, une double détection, la première dite "séquentielle" et très sélective par absorption des infrarouges, la deuxième permanente, par cellules électrochimiques, déclenche une alarme pour un premier seuil de 30 ppm de CO dans l'atmosphère et provoque l'arrêt du banc moteur pour un seuil de 50 ppm.

Pour NO₂, les seuils de la détection séquentielle par cellules électrochimiques sont 3 ppm pour l'alarme et 5 ppm pour l'arrêt du banc.



Photo 1 - Cellule d'essai moteur - Poste de travail face à la baie vitrée pour l'observation de la cellule.
(Source: IFP)

A toutes ces situations, correspond une signalisation locale informant le personnel éventuellement exposé.

Contre les risques d'explosion, plusieurs niveaux de sécurité sont mis en œuvre. Comme pour les gaz toxiques, le premier niveau est assuré par la ventilation qui, en cas de fuite de combustible volatil ou de gaz, diminuera fortement le risque d'explosion par dilution.

Ensuite, pour les cellules d'essais d'endurance, présentant la particularité de comporter deux plates-formes d'essais indifféremment utilisées avec un moteur à essence ou un moteur Diesel, le fonctionnement simultané de ces deux types de moteur nous a imposé de mettre en service différents systèmes de détection de fuites et de vapeurs de gazole :

- une sonde capacitive sous le dispositif de contrôle de débit,
- une sonde capacitive sous le banc lui-même,

- une détection automatique de vapeur de gazole, par absorption sélective d'infrarouges, qui permet également de détecter les vapeurs d'essence. Cette installation est séquentielle et permet de détecter 20 ppm en préalarme et 50 ppm en alarme. Un recul de 8 ans a montré l'efficacité de ce type de détection, plutôt inhabituel dans le domaine de la sécurité,
- une détection automatique explosimétrique, permanente, classique par le procédé de combustion catalytique.

L'utilisation conjointe des deux procédés dans les cellules améliore la sécurité globale explosimétrique.

De même, pour les bancs utilisant un combustible gazeux, une détection automatique très sensible à base de semi-conducteurs est utilisée. Il est ainsi possible d'apprécier quelques "pour cent" de la limite inférieure d'explosibilité (LIE), difficiles à atteindre avec les procédés classiques.

En troisième lieu, toutes les cellules sont équipées de cloisons fonctionnant comme un clapet d'évacuation vers l'extérieur à partir d'une surpression d'environ 200 kg/m², et le couloir central, depuis lequel sont dirigés et surveillés les essais par les opérateurs, est équipé de cloisons résistant à une surpression de 1 500 kg/m².

Une troisième catégorie de risque est celui de l'incendie dont les signes précurseurs sont les fumées et les flammes.

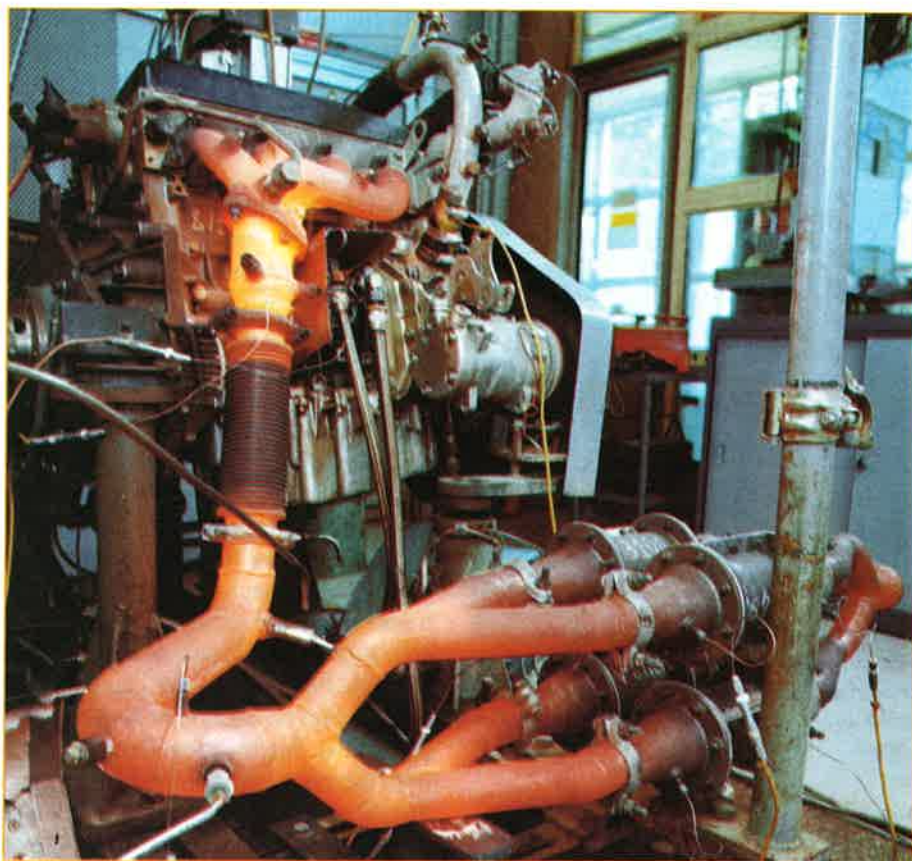


Photo 2 - Banc moteur pour les essais d'endurance des pots catalytiques - Exemple de température très élevée par le rougissement incandescent du pot.
(Source : IFP)

Aussi, comme les autres locaux techniques de l'IFP à Rueil, ceux de la division de recherche TAE sont équipés de détecteurs de fumée utilisant le principe d'ionisation de l'air : variation d'un courant de garde en cas de présence de fumée. En plus, les cellules d'essais des moteurs sont équipées de détecteurs de flammes : émissions d'infrarouges dans des plages caractéristiques de longueurs d'onde et de fréquences d'occultation. Certains locaux, en particulier ceux de stockage de combustibles liquides, sont aussi équipés de détection automatique thermovélocimétrique basée sur la mesure d'une vitesse d'élévation de température supérieure à 15 degrés centigrades en une minute.

Toutes ces détections sont associées à des alarmes et à des signalisations locales informant le personnel situé près du risque.

Pour lutter contre l'incendie, les locaux présentant un risque élevé sont équipés d'installations automatiques d'extinction par épandage d'un produit extincteur : halon 1301, accessoirement CO₂,

associés automatiquement à la détection de fumée et de flamme ou à la détection thermovélocimétrique, et manuellement à un déclencheur.

Dans tous les cas, la sécurité des opérateurs est réglementairement assurée par une temporisation et une signalisation locale enjoignant le personnel à évacuer avant l'épandage du produit.

Pour les bancs d'endurance, est prévue une seconde extinction par eau pulvérisée "sprinkler" associée à une détection thermique.

En cas de déclenchement d'extinction, automatique ou manuelle, tous les bancs sont arrêtés automatiquement ainsi que les ventilations. Pour éviter la propagation du feu et accroître l'efficacité de l'extinction, le confinement est contrôlé par une alarme signalant l'ouverture prolongée d'une porte.

Une commande de désenfumage prioritaire, volontairement éloignée des locaux à risques, permet aux sapeurs-pompiers la mise en marche forcée des ventilateurs, indépendamment de la succession des automatismes avant et pendant le sinistre.



Photo 3 - Principe du moteur transparent pour l'analyse des propriétés des gaz dans la chambre de combustion par des techniques laser. (Source : IFP)

Certains types d'essais, nécessitant le fonctionnement des moteurs à des régimes très élevés (5 à 6 000 tr/min), présentent des risques de projection de parties métalliques et des nuisances au niveau du bruit et des vibrations (*photo 2*). De façon générale, la présence d'opérateur dans les cellules est limitée à des cas particuliers pendant une durée très courte, et quasi interdite pendant les périodes à régimes élevés. La protection contre les projections est assurée par des grillages lestés verticaux, appelés "cottes de mailles", entourant le moteur. Des matériaux absorbant les bruits tapissent les cloisons des cellules protégeant à la fois les opérateurs et l'environnement, tandis que différents systèmes amortisseurs situés sous les massifs supportant les bancs et sur les parties métalliques de liaison permettent d'absorber les vibrations. Signalons une particularité importante. La division TAE met en œuvre des moyens expérimentaux originaux, en particulier des moteurs munis d'accès optique, dits "transparents", permettant de visualiser et de mesurer l'ensemble des paramètres contrôlant la combustion (*photo 3*). Des hublots et des pistons spéciaux en quartz et titane autorisent l'introduction de faisceaux et de plans de lumière laser sondant le milieu gazeux de la chambre de combustion. Ces moteurs

sont implantés dans des cellules spécifiques munies de dispositifs optiques parmi les plus avancés et de nombreuses sources laser et comportant des systèmes de contrôle et de sécurité. Ainsi, les faisceaux sont canalisés pour éviter toute réflexion accidentelle. Le personnel et les visiteurs sont astreints à porter des lunettes de protection adaptées. Une signalisation extérieure à chaque salle interdit l'entrée dans les cellules au personnel non habilité durant les "tirs" de laser.

Tous les systèmes de détection et d'intervention automatique décrits précédemment sont reliés à un automate de gestion des asservissements et des signalisations, et à des centrales locales au bâtiment ou partie de bâtiment concerné regroupant toutes les informations permettant de connaître avec précision le lieu, la nature et la gravité du risque dans les cas où les équipements de mesures et de détection le permettent. Une synthèse de ces informations est transférée dans le même temps à un central de surveillance situé au niveau du département Sécurité (jour) ou du poste central de surveillance (nuit et week-end) où une permanence est assurée et réagit par l'envoi d'une estafette de reconnaissance, ou d'équipes d'intervention ou de moyens d'intervention extérieurs, selon la nature de l'alarme reçue et des périodes heures ouvrées (jour) ou non ouvrées (nuit et week-end).

Bien entendu, comme nous l'avons vu, une signalisation locale informe immédiatement le personnel concerné et, si nécessaire, l'arrêt automatique du banc est déclenché.

Sécurité durant le déroulement des essais

Un aspect, regroupé sous ce chapitre, contribue également à la sécurité d'ensemble des essais sur les bancs moteurs, c'est celui des fuites de combustibles liquides.

Les cellules d'essais sont alimentées en combustibles liquides par des lignes en tête desquelles se trouvent des pompes assurant une pression constante avec la particularité d'être en fonctionnement par intermittence. Ainsi, si une fuite se produit, le maintien de la pression réclame un fonctionnement continu de la pompe qui commande l'arrêt immédiat de la pompe

concernée. De plus, un pressostat de sécurité, raccordé sur la ligne, ferme la vanne pneumatique située en amont dès que la pression mesurée est anormalement basse, due à l'existence d'une fuite.

Comme nous l'avons signalé, pour chaque plate-forme d'essai existe un dispositif de mesure et de contrôle du débit de combustible. Sous ce dispositif se trouve un collecteur de fuites associé à une sonde capacitive à seuil entraînant la fermeture de la vanne pneumatique en aval de la ligne concernée.

Pour les bancs d'endurance imposant des conditions sévères d'essai, un détecteur original de fuite d'hydrocarbures a été développé et mis au point par l'IFP, le système breveté Nereide, basé sur le principe de la dilution d'une membrane spéciale, entraînant l'arrêt immédiat du banc concerné.

Pour chaque type d'essai, des seuils de fonctionnement sont définis par les opérateurs : pression, température, régime, etc., dont les capteurs sont reliés à un ordinateur de surveillance et de programmation du déroulement de l'essai. L'atteinte, accidentelle ou non, de un ou plusieurs seuils signalant un fonctionnement anormal ou témoignant d'un "risque" à court terme entraîne l'arrêt du moteur. Inversement, toute anomalie de fonctionnement de l'ordinateur lui-même entraîne l'arrêt de l'essai (dispositif dit "chien de garde"). Ces arrêts sont transférés à l'automate de gestion et de contrôle du système de sécurité qui le signale par une alarme spécifique à l'opérateur ou à l'agent de surveillance si cela se produit en dehors des heures ouvrées. Si l'arrêt est la conséquence d'une détection automatique, une alarme spécifique supplémentaire parvient systématiquement à l'agent de surveillance : fumée, flamme, explosimétrie, fuite, coupure de courant, arrêt de ventilation, coupure de l'alimentation en eau de refroidissement, etc.

Les asservissements et les signalisations automatiques sont naturellement plus nombreux en période des heures non ouvrées (nuit et week-end). La mise en service de l'automate se fait en présence de l'agent de surveillance à qui sont remis la clef de mise en service et un document attestant la vérification préalable de toutes les sécurités des cellules en essais et les dates et heures prévues pour l'arrêt programmé de chaque moteur.